

PCT/PTO 07 JUL 2004  
PCT/CN03/00006

# 证 明

REC'D 19 FEB 2003

本证明之附件是向本局提交的下列专利申请副本

申 请 日： 2002 01 08

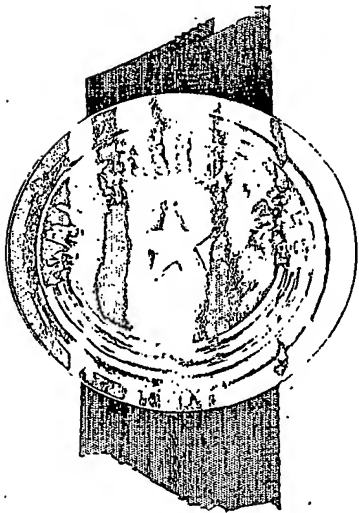
申 请 号： 02 1 00022.0

申 请 类 别： 发明

发明创造名称： 核电站乏燃料低温核反应堆

申 请 人： 中国核动力研究设计院

发明人或设计人： 李玉仑； 马福邦； 吴英华



中华人民共和国  
国家知识产权局局长

王 景 川

2003 年 1 月 22 日

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**BEST AVAILABLE COPY**

## 权利要求书

---

1. 一种核电站乏燃料低温核反应堆，其反应堆堆芯设在堆芯水池内，其特征在于：所述反应堆堆芯的燃料组件是不经过任何处理或加工的核电站乏燃料组件。

2. 一种核电站乏燃料低温核反应堆，其反应堆堆芯设在堆芯水池内，其特征在于：所述堆芯水池的上部设有密封盖，至少构成一道气密屏障。

3. 如权利要求 1 所述的核电站乏燃料低温核反应堆，其特征在于：所述堆芯水池的上部设有密封盖，至少构成一道气密屏障。

4. 如权利要求 2 或 3 所述的核电站乏燃料低温核反应堆，其特征在于：密封盖内充一定压力的气体。

5. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的核电站乏燃料低温核反应堆，其特征在于：在混凝土生物屏蔽层内设有堆芯水池和乏燃料贮存水池，堆芯水池与乏燃料贮存水池之间设有水道。

6. 如权利要求 4 所述的核电站乏燃料低温核反应堆，其特征在于：在混凝土生物屏蔽层内设有堆芯水池和乏燃料贮存水池，堆芯水池与乏燃料贮存水池之间设有水道。

7. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的核电站乏燃料低温核反应堆，其特征在于：在堆芯水池的顶部设有一个顶盖，构成另一道气密屏蔽，

顶盖与密封盖之间的区域抽负压。

8. 如权利要求 6 所述的核电站乏燃料低温核反应堆, 其特征在于: 在堆芯水池的顶部设有一个顶盖, 构成另一道气密屏蔽, 顶盖与密封盖之间的区域抽负压。

9. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的核电站乏燃料低温核反应堆, 其特征在于: 在燃料组件的外围设堆芯围板。

10. 如权利要求 8 所述的核电站乏燃料低温核反应堆, 其特征在于: 在燃料组件的外围设堆芯围板。

11. 如权利要求 1 或 2 或 3 所述的核电站乏燃料低温核反应堆, 其特征在于: 密封盖上至少设有一组一次换热器, 二次水联箱设在一次换热器的上部, 固定在密封盖上并予密封。

12. 如权利要求 10 所述的核电站乏燃料低温核反应堆, 其特征在于: 密封盖上至少设有一组一次换热器, 二次水联箱设在一次换热器的上部, 固定在密封盖上并予密封。

# 说明书

---

## 核电站乏燃料低温核反应堆

### 技术领域

本发明涉及一种低温核反应堆，具体地说是一种利用核电站乏燃料为燃料的低温核反应堆。

### 背景技术

核电站压水堆乏燃料组件中一般还剩余约 1%铀-235、新生成约 0.5%钚-239 和约 1%钚-241 可裂变物质，为了充分利用这一资源，目前世界上有两种途径：一种是经后处理提取可利用的铀和钚；另一种是正在探讨将压水堆核电站乏燃料重新加工成可在重水堆核电站用的燃料元件。利用核能供热是解决能源问题的一个主要手段。目前设计与建造的低温堆可分二种类型，一种为壳式加压型，如西德、苏联设计建造的自然循环沸水堆，堆芯装在耐压壳内，其堆内结构与动力堆相近；另一种为池式加压型，如瑞典设计的低压压水堆，堆芯装在一个大水池内，水池由承压予应力混凝土壳构成。上述两种低温堆都是利用未辐照过的“新鲜”燃料组件作反应堆的燃料。到目前为止，世界上还没有直接使用不经任何处理和加工的核电站乏燃料组件组成新反应堆的先例。

低温堆一般由混凝土屏蔽层、水池、堆芯、换热器、水泵等组成

一次供热系统，再由中间回路、换热器、水泵向热网供给无任何放射性的热水。利用核能供热是解决采暖与海水淡化的一个重要手段。目前国内外低温供热核反应堆概念设计种类很多，但受制于经济性和安全性还未被广泛接受，因此要寻求一种建造成本低又安全可靠的堆型是决定核能供热堆推广的关键。

### 发明内容

本发明的目的在于提高铀资源利用价值，提供一种建造成本低又安全可靠的，同时兼有池式和壳式堆的主要特点的既可供热又可生产放射性同位素的利用核电站乏燃料的低温核反应堆。

本发明的技术方案和效果如下：

1. 直接利用核电站乏燃料组件作为低温核反应堆的核燃料，提高了铀资源的利用价值，减少了乏燃料总量，同时由于只需对核电站卸出的燃料组件进行适当检查即可装堆，减少了燃料费，并使反应堆的投资和运行成本明显下降，具有很好的经济性和环保效果；
2. 在水池上部设有至少一道气体密封屏蔽，气体密封屏障可以保证燃料元件破损时，放射性物质包容在这道气体密封屏障内；再充以一定压力的气体，还可以提高冷却剂的过冷度使堆水池深度可小于15米，因而本堆兼有池式和壳式堆的主要特点。核电站乏燃料组件活性段高达3.66m时，对于这种燃料组件，水池深度可做到小于15米；

在水池顶部还可再加另一道密封屏障，密封屏障内抽负压，保证环境中的空气向里泄漏，进一步加强气体密封屏蔽的可靠性，从而保证了无论是在正常运行工况还是事故工况，放射性气体都能达到有效控制，避免了放射性气体向环境的释放，使本发明的堆型成为“无放射性环境后果”的安全堆型；

3. 低温核反应堆的燃料组件在堆芯中的布置状态根据各组乏燃料组件燃耗深度的不同而确定，由于采用乏燃料组件，各组件燃耗深度不同，采用合理布置增加后备反应性或改善径向功率分布；另在堆芯外围设堆芯围板反射材料，减少中子泄露，增加后备反应性，因此，堆芯具有足够的后备反应性，完全满足核能供热要求，所产生的热能可用于海水淡化、产生的中子可生产放射性同位素；

4. 采用自然循环或强迫循环冷却堆芯带走裂变热量。在停堆停止二次冷却水条件下，可利用反应堆堆芯池水和乏燃料贮存水池为最终热阱；

5. 设计二回路压力高于一回路压力，一回路换热器在池水中，无管道与池外相连，因此，无失水事故可能；

6. 允许中心燃料组件(热盒或热子通道)有一定的含汽量，进一步提高堆芯出口水温。堆芯出口温度可达 130℃或更高，对于供给 90℃热水有较大温差裕量，减小换热器尺寸。

## 附图说明

图 1 是核电站乏燃料低温核反应堆的结构示意图。

图 2 是核电站乏燃料低温核反应堆的结构的 A—A 视图。

图 3 是核电站乏燃料低温核反应堆的堆芯的 B—B 视图。

图中：

1. 支撑裙； 2. 下栅板；
3. 燃料组件(从核电站卸出的乏燃料组件，无需处理或加工)；
4. 导向柱； 5. 上栅板； 6. 控制棒； 7. 上部围桶； 8. 二次水联箱；
9. 进出口气管； 10. 顶盖； 11. 密封盖； 12. 控制棒驱动机构； 13.
- 一次换热器； 14. 堆芯围板； 15. 下部围桶； 16. 混凝土生物屏蔽层；
17. 堆芯水池； 18. 水道； 19. 乏燃料贮存水池； 20. 二次水进出口管。

## 具体实施方式

### 实施例 1。

本发明以一座热功率为 200 兆瓦的供热堆为例，其结构如图 1、图 2、图 3 所示。用混凝土生物屏蔽层 16 围成的堆芯水池 17 和乏燃料贮存水池 19，堆芯水池 17 的直径 7 米、水深 14 米，其屏蔽层厚度为 1.5 米；乏燃料贮存水池 19 的宽 X 长约 5 米×9 米，水深 13 米。堆水池 17 的侧面设有一水道 18 与乏燃料贮存水池 19 相通，乏燃料贮

11

存水池 19 中可放置乏燃料运输容器以及乏燃料组件贮存隔架。混凝土生物屏蔽层 16 及乏燃料贮存水池 19 的屏蔽层均用不锈钢覆面，以确保水池 17 不漏水。反应堆的堆芯由下栅板 2、燃料组件 3、上栅板 5、堆芯围板 14 和下部围桶 15 组成。燃料组件 3 是从核电站卸出的乏燃料组件(157 盒)，无需处理或加工直接使用，燃料组件 3 在堆芯中的布置状态根据各组乏燃料组件燃耗深度的不同确定，将燃耗浅的乏燃料组件布置在堆芯的中心位置，燃耗深的乏燃料组件布置在堆芯外围。燃料组件 3 插在下栅板 2 上，再由上栅板 5 压紧固定燃料组件 3，防止燃料组件 3 上下窜动，燃料组件 3 的外围设有堆芯围板 14，堆芯装在下部围桶 15 内，下部围桶 15 高出堆芯一定距离。堆芯位于水池 17 中央下方，由支撑裙 1 支撑。上栅板 5 周围设有上部围桶 7，与下部围桶 15 直径相配合，并由导向柱 4 定位，上、下围桶 7、15 搭接，搭接部缝隙较小，起到围桶内外水不交混(或很少交混)的目的。堆芯水池 17 的上部采用一道气密屏障，即在堆芯水池 17 的上部设有状如帽形的一个气体密封盖 11，构成一道气密屏障，密封盖内的上部充有 0.6Mpa 以下的空气或氮气或氦气或氩气，下部为堆水池的水位波动区。在堆水池 17 的顶部还设有一个顶盖 10，构成另一道气密屏障，顶盖 10 与密封盖 11 之间的区域抽负压，以保证密封盖 11 气密屏障有泄漏时，空气向里泄漏，不会造成放射性气体外泄。抽出的气体在废



气罐内收集、贮存、衰变，在放射性剂量水平低于排放限值时才允许排放。密封盖 11 的周围环形盖板上挂有 16 组一次换热器 13，二次水流经一次换热器 13 的管内，再由二次水进出口管 20 汇总至反应堆外的水总管。一次水流经一次换热器 13 的管间，一次换热器 13 的上部为二次水联箱 8，固定在密封盖 11 周围环形盖板上并予以密封。控制棒 6 的下部通过密封盖 11 插入堆芯，上部与控制棒驱动机构 12 相连，控制棒驱动机构 12 固定在密封盖 11 上。为了消除密封盖 11 气密屏障内由水辐射分解产生的氢、氧气体以及由燃料裂变产生的气态碘、放射性惰性气体，本发明还设有气体循环回路及进出口气管 9，使氢、氧合成以及去除碘、放射性惰性气体。堆芯的冷却由冷却水经水池 17 进入支撑裙 1，通过下栅板 2、燃料组件 3、上栅板 5 流出堆芯，加热水因密度差而上升至上部围桶 7 的上部，流向一次换热器 13，冷却后冷水流入水池 17 内，构成自然循环或强迫循环。一次水热量通过一次换热器 13 传给中间回路，中间回路压力高于一次水压力，中间回路热量再经过反应堆外的二次换热器（图中未画出）传给三回路，该回路热水可用于采暖或海水淡化。

## 实施例 2。

与实施例 1 不同在于，反应堆堆芯的燃料组件是未辐照过的“新鲜”燃料组件作反应堆的燃料，在水池上部采用一道或二道气体密封

13

屏蔽。由于在堆芯水池上部采用了双道密封屏蔽，第一道密封屏蔽可以保证燃料元件破损时，放射性物质包容在这道密封屏蔽内。如充以一定压力的气体，还可以提高冷却剂的过冷度使堆水池深度可小于 15 米。因而本堆兼有池式和壳式堆的主要特点，其供水温度高同时避免了放射性气体向环境的释放。使得本堆成为“无放射性环境后果”的安全堆型。海水淡化厂建在沿海，水池不能太深，否则造价太高，也不利于堆芯换料与检修。

本发明装置用于生产同位素时，可将靶件置于控制棒内或辐照管道内。

# 说明书附图

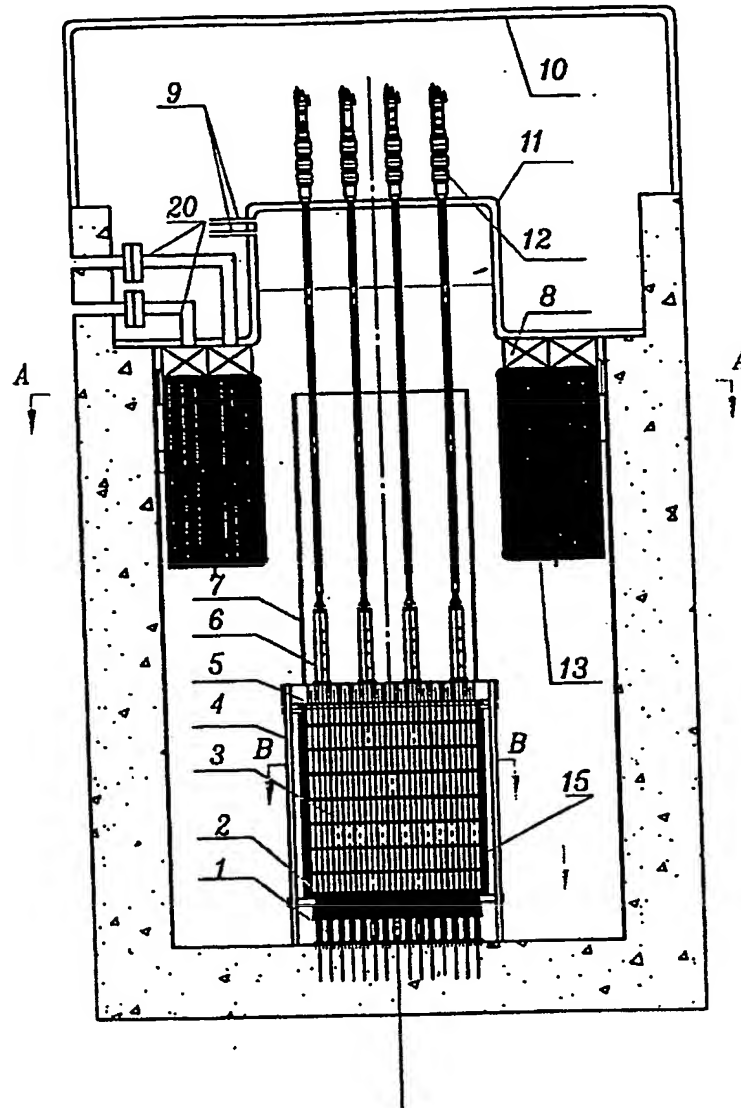


图 1

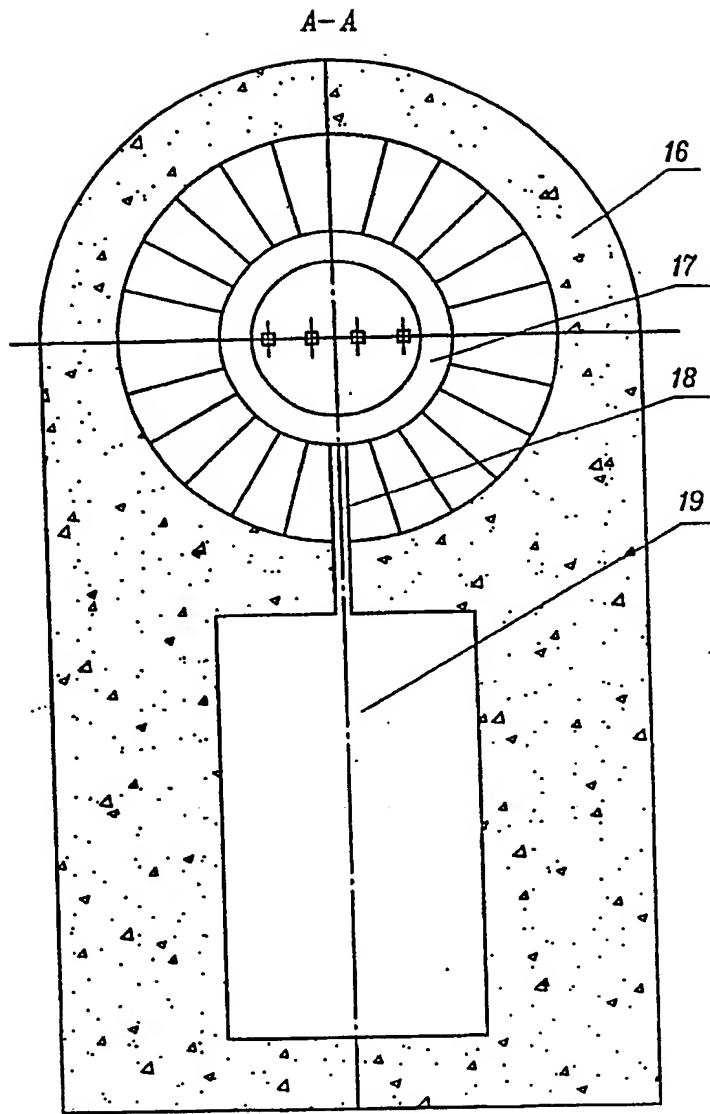


图 2

116

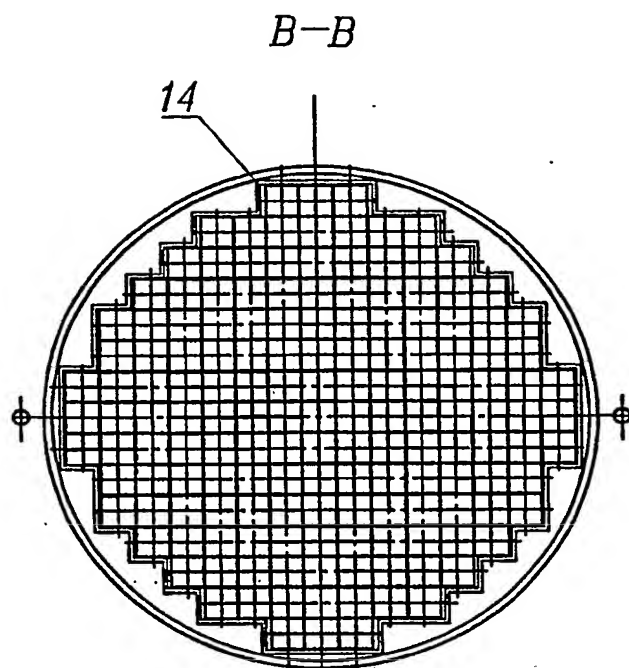


图 3